

# MASTER EN AGROALIMENTACION

# Memoria de Investigación

## Sistema de aturrido por CO<sub>2</sub> en pavos y su efecto en el desangrado

Carbon dioxide stunning system and its bleedout efficiency

Alumno:

**M<sup>a</sup> Soledad Mauri López**

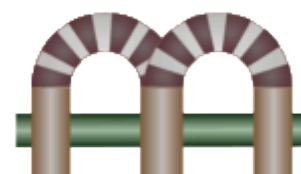
Línea de Investigación:  
Caracterización racial y calidad de la canal y carne  
Grupo PAI AGR-158

Curso Académico 2012/2013

Tutor de Investigación: Francisco Peña Blanco

Palabras clave: Aturdimiento, desangrado, pavos, dióxido de carbono.

Key words: stunning, bleedout, turkeys, carbon dioxide.



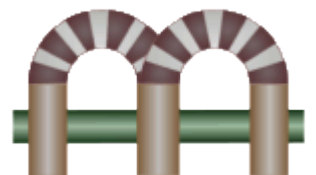
# MÁSTER EN AGROALIMENTACIÓN

Memoria de investigación titulada: "**Sistema de aturrido por CO2 en pavos y su efecto en el desangrado**" (*Carbon dioxide stunning system and its bleedout efficiency*) realizada por M<sup>a</sup> Soledad Mauri López, tutelado por: Francisco Peña Blanco

Córdoba, 23 de noviembre de 2013

Fdo. el/a alumno/a:

VºBº Tutor de Investigación



**Contenido**

Resumen..... 3

Abstract ..... 3

Introducción ..... 4

Objetivos ..... 5

Material y métodos ..... 5

Resultados y Discusión ..... 9

Conclusiones ..... 14

Propuestas..... 14

Bibliografía ..... 15

## Sistema de aturrido por CO<sub>2</sub> en pavos y su efecto en el desangrado

M<sup>a</sup> Soledad Mauri López

### Resumen

Este estudio se centra en mejorar algunos parámetros que pueden influir en el desangrado de los pavos, tras el sacrificio de los mismos, ya que un desangrado inadecuado conlleva a una pérdida de calidad en la carne. En concreto, el estudio consiste en modificar los parámetros de aturrido, atendiendo a la concentración de CO<sub>2</sub> y al tiempo de exposición al gas, con la finalidad de mejorar el desangrado de la canal. Para ello, se llevaron a cabo tres experimentos diferentes.

La primera prueba consistió en aturdir a los pavos en el menor tiempo posible. Para ello, la cámara de aturdimiento inyecta CO<sub>2</sub> hasta llegar al 80%. La concentración de CO<sub>2</sub> en la cámara va ascendiendo de forma gradual y los pavos solo permanecen al 80% de CO<sub>2</sub> durante los 10 últimos segundos de la etapa. La duración total de este ciclo es de 80 segundos.

La siguiente experiencia consiste en un aturdimiento intermedio, que tiene dos fases, una de relajación del animal donde se alcanza el 35% de CO<sub>2</sub> durante 30 segundos y una segunda fase de anestesiado, donde se alcanza el 80% de CO<sub>2</sub> durante 70 segundos. La duración total de este ciclo es de 100 segundos.

En el último experimento se estudia el caso contrario, aturdir a los pavos a bajas concentraciones de CO<sub>2</sub> durante un ciclo más largo. En concreto, el ciclo se divide en tres etapas, una primera fase de inmovilización del animal donde se alcanza un 25% de CO<sub>2</sub> durante 46 segundos. La segunda fase, en la que se pretende conseguir la relajación del animal, se alcanza una concentración de CO<sub>2</sub> del 40% durante 40 segundos. La última etapa consiste en la insensibilización del animal donde se llega al 57% de CO<sub>2</sub> durante 150 segundos. El ciclo completo de aturdimiento dura 236 segundos.

Posteriormente, en el despiece de las canales se analiza el contenido en sangre de la vena principal de la pechuga y del contramuslo.

Los pavos aturridos durante más tiempo son los que presentan peores resultados en cuanto a contenido en sangre. Parece ser que al reducir el tiempo de aturdimiento mejora el desangrado de los pavos, aunque todavía queda una cantidad de sangre residual considerable.

### Abstract

This study is based on improving the bleeding of turkeys, after the slaughter of these animals, as the inefficient bleeding leads to loss of quality in meat. Specifically, in this study stunned parameters are changed, such as the CO<sub>2</sub> concentration and the time of exposure to the gas. The main objective is improving the bleeding of the carcass. For this, three different experiments were performed.

In the first experiment turkeys were stunned in the shortest time possible. To do this, the stunning chamber introduces CO<sub>2</sub> reaching 80%. The CO<sub>2</sub> concentration in the chamber gradually increases and turkeys are only 80% of CO<sub>2</sub> during the last 10 seconds. The total duration of this stunning cycle is 80 seconds.

The next experiment consists on an intermediate stunning that has two phases, a relaxation phase of the animal where it reaches 35% of CO<sub>2</sub> for 30 seconds and a second phase of anesthetized animal, where it reaches 80% of CO<sub>2</sub> for 70 seconds. The total duration of this stunning cycle is 100 seconds.

In the last experiment we study the opposite case; the turkeys are stunned at low CO<sub>2</sub> concentrations during a longer cycle. The cycle is divided into three phases, a first one of restraint of the animal where it reaches 25% of CO<sub>2</sub> for 46 seconds. The second phase, which aims to achieve animal relaxation, it is reached a concentration of 40% of CO<sub>2</sub> for 40 seconds. The last stage is the desensitization of the animal where it reaches 57% of CO<sub>2</sub> for 150 seconds. The complete stunning cycle lasts 236 seconds.

Later, in the cutting of carcass is analyzed blood content in the main vein of the breast and thigh.

The longer stunned turkeys have the worst results in the blood content. It appears that to reduce stunned time improves bleeding of turkeys, although there is still considerable residual blood in the main vein of the breast and thigh.

## Introducción

El sistema de aturdimiento por shock eléctrico ha sido el método más utilizado en las plantas de procesamiento de aves de corral antes del sacrificio (Mountney, 1976). Este sistema es económico, rápido y requiere poco espacio (Fletcher, 1993). Sin embargo, algunos métodos de aturdimiento eléctrico (en especial los requeridos por la normativa europea) aumentan los daños en la canal de las aves, como puntas de alas rojas, fracturas y hemorragias musculares (Wabeck, 1987; Bilgili, 1992; Gregory y Wilkens, 1989). Debido a que el aturdimiento eléctrico afecta a la calidad de la carne, ha habido un interés considerable en desarrollar métodos alternativos de insensibilización de los animales (Fletcher, 1993).

Fletcher (1993) sugirió que, de los métodos de aturdimiento, el aturdimiento gaseoso parece ser la única alternativa viable en términos de bienestar animal al aturdimiento eléctrico. Las propiedades anestésicas del CO<sub>2</sub> se conocen desde hace un siglo y se han hecho intentos de usarlo como un agente anestésico general (Hickman, 1912; Sieker y Hickman, 1956). Esta propiedad sería útil en el aturdimiento previo al sacrificio, debido al rápido efecto que tiene dicho gas para que las aves caigan inconscientes. Sin embargo, el aturdimiento de las aves con el CO<sub>2</sub> no se ha estudiado hasta mediados de la década de 1950 (Drewniak et al., 1957; Kotula et al., 1957). Investigaciones posteriores sobre el efecto del aturdimiento con CO<sub>2</sub> sugieren que este tipo de aturdimiento en pollos se traduce en un mejor desangrado (Kotula et al., 1957) y mejoras en la calidad de la carne (Zeller et al., 1988; Hirschler y Sams, 1993).

Hirschler y Sams (1993) informan que el aturdimiento por CO<sub>2</sub> reduce los defectos en la canal, como clavículas rotas y hemorragias en la pechuga y en los contramuslos, en comparación con el aturdimiento eléctrico. Kang y Sams (1999) indicaron que la menor incidencia de daño en las canales aturdidas por CO<sub>2</sub> era debido a la naturaleza más tranquila y calmada de las aves durante el aturdimiento gaseoso.

El propósito de este estudio es investigar el efecto del aturdimiento por CO<sub>2</sub> en la eficiencia en el desangrado, en la mejora de los daños en la canal, como fracturas o hemorragias y la mejora con ello en la calidad de la carne de la canal.

## Objetivos

Los objetivos que se persiguen con esta investigación son los siguientes:

1. Disminuir el contenido en sangre en la carne de pavo especialmente en piezas como pechugas y contramuslos, donde la problemática está más acentuada, aumentando así su calidad en el mercado.
2. Optimizar el tiempo de exposición a CO<sub>2</sub> en el aturdimiento y determinar su relación exacta con la mejora en el proceso del desangrado.
3. Mejorar las condiciones higiénicas de la planta, consiguiendo que la fase de desangrado sea lo más efectiva posible y la presencia de sangre en etapas posteriores del procesado de la canal de pavo sea mínima.
4. Determinar formas de tratamiento efectivas y específicas para el desangrado de los pavos machos, en los que su contenido en sangre tras la fase de desangrado siempre es mayor que en el caso de las hembras.

## Material y métodos

### **Pavos**

En este estudio se necesita una población de 300 pavos machos del mismo peso aproximadamente para estudiar el desangrado de los mismos, en función del aturdimiento al que son sometidos. En concreto, en este estudio se evalúan 3 formas distintas de aturdimiento. A continuación se explican detalladamente cada uno de los experimentos llevados a cabo.

### **Experimento 1**

El primer experimento consiste en estudiar el desangrado de 5 grupos de 20 pavos machos. Estos pavos son aturdidos con la **receta 1**, que consiste en inyectar una mayor concentración de CO<sub>2</sub> durante el menor tiempo posible. En concreto, en este experimento se alcanza un 80% de CO<sub>2</sub> en un tiempo de 80 segundos. Como ya se ha comentado previamente, la cámara de aturdimiento inyecta el CO<sub>2</sub> de forma gradual, de manera que los pavos solo permanece al 80%

de CO<sub>2</sub> durante los últimos 10 segundos del aturdimiento. Además, la cámara de gases aturde a la vez dos carros de animales vivos, de manera que se analiza el desangrado de 10 pavos que son aturridos en el primer carro y otros 10 del segundo carro, ambos sometidos al mismo ciclo de aturdimiento. A continuación se muestra una imagen del carro que transporta a los animales durante el aturdimiento y de la propia cabina de aturdimiento.



Inmediatamente después del aturdimiento los pavos son sacrificados seccionando manualmente tanto la carótida como la yugular. A continuación los pavos pasan por la fase de desangrado, escaldado, despumado, evisceración manual y enfriamiento de la canal hasta alcanzar una temperatura por debajo de 4° C. Posteriormente, estos pavos son despiezados y se analiza el contenido en sangre de la vena principal de las pechugas y de los contramuslos procedentes de los pavos sometidos al estudio.

## **Experimento 2**

Este experimento consiste en analizar el desangrado de 5 grupos de 20 canales de pavos machos que han sido sometidas a un aturdimiento intermedio, al que denominamos **receta 2**. Esta receta consta de 2 etapas, una de relajación del animal donde se alcanza el 35% de CO<sub>2</sub> durante 30 segundos y una segunda etapa de anestesiado donde se alcanza el 80% de CO<sub>2</sub> durante 70 segundos. Tras el aturdimiento, los pavos son sacrificados, y pasan por las fases de desangrado, escaldado, desplumado, eviscerado y enfriamiento de la canal. Posteriormente, una vez que la canal alcanza la temperatura de 4° C tiene lugar el despiece de las canales de pavos machos del estudio, donde se analiza el contenido en sangre de la vena principal de las pechugas y los contramuslos en la sala de despiece. En este experimento, los grupos de 20 pavos machos analizados proceden 10 de ellos del primer carro que entra en la cabina de aturdimiento y los otros 10 del segundo carro. Ambos carros son aturridos a la vez.



### **Experimento 3**

El último experimento de nuevo consiste en analizar el contenido en sangre de 5 grupos de 20 pavos machos, que en este caso han sido aturdidos a bajas concentraciones de CO<sub>2</sub> durante un ciclo más largo, es la que llamamos **receta 3**. En concreto, este ciclo se divide en tres etapas, una primera fase de inmovilización del animal donde se alcanza el 25% de CO<sub>2</sub> y la duración de esta etapa es de 46 segundos. En la segunda fase, se pretende conseguir la relajación del animal alcanzándose una concentración del 40% de CO<sub>2</sub> durante 40 segundos. La última etapa consiste en la insensibilización del animal donde se alcanza el 57% de CO<sub>2</sub> durante 150 segundos. Tras el aturdimiento, los pavos son sacrificados y pasan por la fase de desangrado, escaldado, desplumado, eviscerado y enfriamiento de la canal hasta los 4º C. Por último, como en los dos experimentos anteriores, tiene lugar el estudio del contenido en sangre de las pechugas y de los contramuslos procedentes de canales de los pavos del estudio en la sala de despiece. De nuevo se analizan las canales que proceden del primer y segundo carro de la cabina de aturdimiento, ambos aturdidos a la vez.

### **Criterio de puntuación del contenido en sangre de las pechugas y los contramuslos**

En el análisis del contenido en sangre de las distintas piezas del pavo, se utiliza una escala de clasificado de 0 a 3.

- 0: sin restos de sangre.
- 1: algún resto de sangre en las venas.
- 2: vena llena de sangre.
- 3: vena completamente llena de sangre y presencia de coágulos en el exterior.

A continuación se presentan imágenes del desangrado de las pechugas y los contramuslos obtenidos por las nuevas fases de aturdimiento y se clasifican según la puntuación obtenida.

#### **Puntuación 0:**





**Puntuación1:**



**Puntuación 2:**



**Puntuación 3:**



***Metodología estadística***

Para hacer el análisis estadístico de los datos recogidos sobre el desangrado de las pechugas y los contramuslos en los distintos experimentos se tienen en cuenta los siguientes factores:

- El peso de los pavos.
- La distancia en el transporte de los pavos desde la granja hasta el matadero.
- La receta de aturdimiento a la que son sometidos.
- El carro en el que son aturridos dentro de la cabina de aturdimiento.
- El tiempo que permanecen en el matadero en reposo antes de su sacrificio.

Todos estos datos fueron analizados utilizando el programa Statistica, donde en primer lugar se hace un análisis descriptivo de las variables. Posteriormente, con el modelo lineal generalizado GLM se analiza la influencia de los distintos factores considerados en las variables analizadas (contenido en sangre en pechugas y contramuslos). Por último, se hace un estudio de las medias mínimo cuadráticas de las variables analizadas, atendiendo a los distintos factores que influyen significativamente en dichas variables.

**Resultados y Discusión**

En primer lugar se realiza un estudio de la distribución de los datos. Para ello, según el **peso** de los animales, se definen dos grupos: *grupo 1*: pavos con menos de 11 kg y *grupo 2*: pavos con más de 11 kg.

Por otro lado, atendiendo a la **distancia** en el transporte de los pavos desde la granja hasta el matadero, se hacen cuatro grupos: *grupo 1*: cuando la distancia está entre 0-50 km, *grupo 2*: distancia entre 51-100 km, *grupo 3*: distancia entre 101-150 km y *grupo 4*: distancia entre 151-200 km.

En cuanto al tiempo que permanecen los pavos en el matadero en reposo antes de su sacrificio también definimos distintos grupos: *grupo 1*: cuando el tiempo está comprendido entre 0-50 minutos, *grupo 2*: tiempo entre 51-100 minutos, *grupo 3*: tiempo entre 101-150 minutos, *grupo 4*: tiempo entre 151-200 minutos, *grupo 5*: tiempo entre 201-250 minutos, *grupo 6*: tiempo entre 251-300 minutos y *grupo 7*: tiempo entre 301-350 minutos. En la tabla 1 se muestra la distribución de los datos del estudio, donde se pueden observar todos los factores que se consideran que pueden afectar al desangrado de los pavos y los grupos en los que son divididos.

**Tabla 1: Distribución de los datos donde N es el número de pavos que comprende cada uno de los grupos que se analizan en este estudio.**

	Grupos	N
<b>Total</b>		300
<b>Peso</b>	1	260
<b>Peso</b>	2	40
<b>Distancia</b>	1	40
<b>Distancia</b>	2	200
<b>Distancia</b>	3	40
<b>Distancia</b>	4	20
<b>Receta</b>	1	100
<b>Receta</b>	2	100
<b>Receta</b>	3	100
<b>Carro</b>	1	150
<b>Carro</b>	2	150
<b>Tiempo reposo</b>	1	100
<b>Tiempo reposo</b>	2	40
<b>Tiempo reposo</b>	3	80
<b>Tiempo reposo</b>	4	20
<b>Tiempo reposo</b>	7	60

***Análisis del desangrado de las pechugas***

En este apartado nos centramos en estudiar el desangrado de las pechugas de los 300 pavos que forman parte del estudio. Para ello, analizamos si los factores mencionados anteriormente influyen en el desangrado de la pechuga o no. Atendiendo a la tabla 2 podemos concluir que la receta de aturdimiento y la distancia en el transporte desde la granja al matadero influyen de forma significativa en el desangrado de la pechuga, ya que  $p < 0,05$ .

Para concluir en qué situaciones está más favorecido el desangrado de la pechuga, pasamos a analizar las medias mínimo cuadráticas, en el caso de los factores que influyen de forma significativa a esta variable. En la tabla 3 se puede observar que en el caso de la receta 2, la media de la puntuación de la pechuga es la menor y por tanto, es la receta de aturdimiento que conlleva a un mejor desangrado de las pechugas. Por el contrario, la receta 3 es la que presenta peores resultados en el desangrado de las pechugas.

Atendiendo a la distancia desde la granja al matadero (tabla 4) se puede concluir que los pavos que pertenecen al grupo 3 (101-150 km) y al grupo 4 (151-200 km) son los que presentan mejores resultados en el desangrado de los pavos.

Por último, haciendo un modelo para poder extrapolar datos de la puntuación de la pechuga (tabla 5), podemos deducir que dicho modelo no es muy significativo ya que la  $R^2$  ajustada es 0,156957.

**Tabla 2. Análisis de la influencia de los distintos factores considerados en la variable analizada (contenido en sangre de la pechuga).**

	SS	Grados de libertad	MS	F	p
<b>Intercept</b>	72,8562	1	72,85621	192,5656	0,000000
<b>Peso</b>	1,3370	1	1,33704	3,5339	0,061135
<b>Distancia</b>	4,4258	3	1,47525	3,8992	0,009368
<b>Receta</b>	17,6614	2	8,83072	23,3404	0,000000
<b>Carro</b>	0,1200	1	0,12000	0,3172	0,573751
<b>Tiempo reposo</b>	2,5712	4	0,64280	1,6990	0,150269
<b>Error</b>	108,9633	288	0,37834		

**Tabla 3.** En esta tabla aparecen las medias mínimo cuadráticas de la puntuación de la pechuga en cada una de las recetas de aturdimiento utilizadas en el estudio.

Receta	Puntuación pechuga - Mean	Puntuación pechuga - Std.Err.	Puntuación pechuga - -95,00%	Puntuación pechuga - +95,00%	N
1	1,090000	0,114482	0,864673	1,315327	100
2	0,781667	0,119204	0,547045	1,016288	100
3	1,552500	0,104776	1,346277	1,758723	100

**Tabla 4.** En esta tabla se prestan las medias mínimo cuadráticas de la puntuación de la pechuga atendiendo a la distancia que hay en el transporte de los pavos desde la granja al matadero.

Distancia	Puntuación pechuga - Mean	Puntuación pechuga - Std.Err.	Puntuación pechuga - -95,00%	Puntuación pechuga - +95,00%	N
1	1,293472	0,148891	1,000420	1,586524	40
2	1,318472	0,065990	1,188588	1,448356	200
3	0,855972	0,151774	0,557245	1,154700	40
4	1,097639	0,171829	0,759439	1,435838	20

**Tabla 5.** En esta tabla aparecen los parámetros de una función para a partir de la misma poder extrapolar datos de puntuación de la pechuga.

	Multiple - R	Multiple - R <sup>2</sup>	Adjusted - R <sup>2</sup>	F	p
Puntuación pechuga	0,433557	0,187972	0,156957	6,060688	0,000000

#### ***Análisis del desangrado de los contramuslos***

El análisis de los datos, para el desangrado de los contramuslos procedentes de los 300 pavos del estudio, se lleva a cabo de la misma forma que en el caso de la pechuga. En primer lugar se analiza cuáles son los factores que influyen en el desangrado del contramuslo. Atendiendo a la tabla 6, podemos concluir que la receta de aturdimiento es el único factor que influye de

forma significativa en el desangrado de los contramuslos. Por tanto, pasamos a analizar cuál es la receta de aturdimiento que favorece al desangrado. Atendiendo a la tabla 7 (medias mínimo cuadráticas) se concluye que la receta 2 es la que conlleva a un mejor desangrado del contramuslo, ya que es la que presenta la media más baja. Por el contrario, la receta 3 es la que presenta la media más alta y por lo tanto, es la que induce a un peor desangrado.

Por último, se diseña un modelo para poder extrapolar datos de puntuación del contramuslo (tabla 8). Sin embargo, este modelo no nos permite extrapolar datos muy significativos ya que la  $R^2$  ajustada es 0,110678

**Tabla 6. Análisis de la influencia de los distintos factores considerados en la variable analizada (contenido en sangre del contramuslo)**

	SS	Degr. of - Freedom	MS	F	p
<b>Intercept</b>	12,61999	1	12,61999	36,58165	0,000000
<b>PESO</b>	0,48895	1	0,48895	1,41733	0,234828
<b>DISTANCIA</b>	0,33029	3	0,11010	0,31913	0,811542
<b>RECETA</b>	8,42945	3	2,80982	8,14483	0,000032
<b>CARRO</b>	0,02510	1	0,02510	0,07275	0,787571
<b>REPOSO</b>	1,77315	4	0,44329	1,28496	0,275992
<b>Error</b>	99,00969	287	0,34498		

**Tabla 7. En esta tabla se recogen las medias mínimo cuadráticas de la puntuación del contramuslo en cada una de las recetas de aturdimiento utilizadas en el estudio.**

RECETA	Puntuación contramuslo - Mean	Puntuación contramuslo - Std.Err.	Puntuación contramuslo - - 95,00%	Puntuación contramuslo - +95,00%	N
1	1,430798	0,109602	1,21507	1,646524	100
2	1,107893	0,114555	0,88242	1,333368	100
3	1,566728	0,100135	1,36964	1,763819	100

**Tabla 8.** Esta tabla presenta los parámetros de la función que nos permite extrapolar datos de la puntuación del contramuslo.

	Multiple - R	Multiple - R <sup>2</sup>	Adjusted - R <sup>2</sup>	F	p
<b>Puntuación contramuslo</b>	0,382583	0,146370	0,110678	4,100940	0,000006

## Conclusiones

En este estudio se llega a las siguientes conclusiones:

1. El aturdimiento al que se sometan los pavos influye en el desangrado de los mismos. En concreto, se observa una mejora en el desangrado de pechugas y contramuslos procedentes pavos machos gordos aturridos con la receta 2. Esta receta consiste en 2 etapas donde se alcanza el 80% de CO<sub>2</sub> y tiene una duración de 100 segundos. De este modo, se observa una mejora en el desangrado y además se optimiza el tiempo del ciclo de aturdimiento y la cantidad de CO<sub>2</sub> suministrada.
2. En el faenado de las carnes en el despiece, se mejoran las condiciones higiénicas ya que hay menor presencia de contenido en sangre en las canales. Sin embargo, todavía queda sangre residual, de manera que se consigue una mejora pero hay que seguir haciendo pruebas para conseguir disminuir en mayor cantidad esa sangre residual.

## Propuestas

Atendiendo a los resultados y conclusiones del estudio se propone utilizar la receta de aturdimiento utilizada en el experimento 2 ya que induce a una mejora en el desangrado de los pavos.



## Bibliografía

- 1 Bilgili SF, Electrical stunning of broilers-basic concepts and carcass quality implications. *J Appl Poult Res* **1**:135-146 (1992).
- 2 Drewniak EE, Baush ER and Davis LL, Carbon dioxide immobilization of turkeys before slaughter. *USDA Circular* 958 Washington, DC (1955).
- 3 Fletcher DL, Stunning of broilers. *Broiler Ind* **56**:40-46 (1993).
- 4 Gregory NG and Wilkins LJ, Cause of downgrades. *Broiler Ind* **56**(4):42-45 (1993).
- 5 Gregory NG and Wilkins LJ, Effect of stunning current on carcass quality in chickens. *Vet Rec* **124**:530-532 (1989).
- 6 Hickman HH, A forgotten pioneer of anaesthesia. *Br Med J* **1**:843
- 7 Hirschler EM and Sams AR, Comparison of carbon dioxide and electricity for the preslaughter stunning of broilers. *Poultry Sci* **72** 1:143 (1993).
- 8 Kang IS and Sams AR, Bleedout efficiency, carcass damage, and rigor mortis development following electrical stunning or carbon dioxide stunning on a shackle line. *Poultry Sci* **78**:139-143 (1999).
- 9 Kotula AM, Drewniak EE and Davis LL, The effect of carbon dioxide immobilization on the bleeding of chickens. *Poultry Sci* **36**:585-589 (1957)
- 10 Mountney GJ, Poultry Products Technology. *AVI Publishing Co., Inc.*, Westport, CT (1976)
- 11 Northcutt JK, Buhr RJ and Young LL, Influence of Preslaughter stunning on Turkey breast muscle quality. *Poultry Sci* **77**:487-492 (1998).
- 12 Sieker HO and Hickman JB, Carbon dioxide intoxication: The clinical syndrome, its ethology and management with particular reference to the use of mechanical respirators. *Medicine* **35**:389-423 (1956).
- 13 Turcsán ZS, Szigeti J, Varga L, Farkas L, Birkás E and Turcsán J, The effects of electrical and controlled atmosphere stunning methods on meat and liver quality of geese. *Poultry Sci* **80**:1647-1651 (2001).
- 14 Wabeck C, How stunning affects product quality. *Turkey World* **66**:1158-1167 (1987).
- 15 Zeller W, Mettler D and Scatzmann U, Studies into the stunning of slaughter poultry with carbon dioxide. *Fleisch-wirtschaft* **68**:1308-1312 (1988).